

PAT-NO: JP408061955A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08061955 A

TITLE: GEOMAGNETISM AZIMUTH SENSOR

PUBN-DATE: March 8, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KURIHARA, KAZUO

INT-CL (IPC): G01C017/32, G01R033/02 , G01R033/09

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a geomagnetism azimuth sensor having practical sensitivity as well as high azimuth accuracy, allowing easy assembling, ensuring a compact structure and enabling the price to be reduced.

CONSTITUTION: A bulk core chip or each of the second ferromagnetic cores K<SB>1</SB> to K<SB>4</SB> are pasted on a thin film chip, so that the first gaps g<SB>1</SB> to g<SB>4</SB> are aligned with the second gaps G<SB>1</SB> to G<SB>4</SB>. The sensor is so constituted that each of MR sensors M<SB>1</SB> to M<SB>4</SB> are laid within the second gaps G<SB>1</SB> to G<SB>4</SB>.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (2):

CONSTITUTION: A bulk core chip or each of the second ferromagnetic cores K<SB>1</SB> to K<SB>4</SB> are pasted on a thin film chip, so that the first gaps g<SB>1</SB> to g<SB>4</SB> are aligned with the second gaps G<SB>1</SB> to G<SB>4</SB>. The sensor is so constituted that each of MR sensors M<SB>1</SB> to M<SB>4</SB> are laid within the second gaps G<SB>1</SB> to G<SB>4</SB>.

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に地磁気を集束する強磁性体コアが所定のギャップをもって周方向に配列されるとともに、前記ギャップにおける磁界方向に対して略々直交するように磁気抵抗効果素子がギャップ内に配されてなる地磁気方位センサにおいて、

前記強磁性体コアが、薄膜形成技術により成膜されてなる第1の強磁性体コアと、この第1の強磁性体コア上に重ね合わせられ磁路を形成する第2の強磁性体コアとからなり、前記第1の強磁性体コアにギャップが形成されてなることを特徴とする地磁気方位センサ。

【請求項2】 略直交する少なくとも一対の磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする請求項1記載の地磁気方位センサ。

【請求項3】 第1及び第2の強磁性体コアが軟磁気特性を有することを特徴とする請求項1記載の地磁気方位センサ。

【請求項4】 電流の供給により磁気抵抗効果素子にバイアス磁界を印加する励磁用コイルが第2の強磁性体コアのうちの少なくとも一つに巻回されて設けられていることを特徴とする請求項1記載の地磁気方位センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気抵抗効果素子を用いた地磁気方位センサに関するものであり、特に強磁性体コアと組み合わせて高感度化を図った新規な地磁気方位センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、カラー陰極線管では、電子銃から出射された電子ビームの軌道が、地磁気により曲げられ、蛍光面上でのビーム到達位置（ランディング）が変化することがある。特に高精細度陰極線管においては、ランディング余裕度が小さいために、前記ランディングの変化（位置ずれ）が色純度の劣化等の問題を引き起こす。

【0003】これを補正するために、通常、ランディング補正コイルが陰極線管に取り付けられており、このランディング補正コイルに地磁気の方位に応じて自動的にランディング補正に必要な最適電流を流すことにより、電子ビームの軌道を制御してミスランディングを防止するようにしている。

【0004】したがって、前記ランディング補正に際しては、地磁気の方位を正確に検出する必要があり、いわゆる地磁気方位センサが使用されている。

【0005】あるいは、従来から用いられてきた磁石式の方位計（磁気コンパス）の代替として、携帯型の方位計としても地磁気方位センサが使用されている。

【0006】上述のように、地磁気方位センサは、様々な用途に使用されるが、その代表的な構造としては、いわゆるフラックスゲート型のものと、磁気抵抗効果型

（MR型）のものが知られている。

【0007】前者は、図11に示すように、パーマロイコア101に電気信号出力用コイル102と励磁用コイル103を巻回してなるもので、地磁気を前記パーマロイコアで集束し、これを電気信号出力用コイル102に伝えるような構造とされている。

【0008】そして、このフラックスゲート型の地磁気方位センサでは、励磁コイル103により交流バイアス磁界 H_B をパーマロイコア101中に発生させ、バイアス磁界が反転したときに発生するパルス状の電圧を信号として検出する。このパルス状電圧の電圧値は、地磁気の方位によって変化するので、地磁気センサとして利用することができる。

【0009】しかしながら、このフラックスゲート型の地磁気方位センサは、コイルにより地磁気を電気信号に変換するため、感度を上げるためには電気信号出力用コイル102の巻き数を極めて多くしたり、集束効果を高めるためにパーマロイコア101の形状を大きくする必要がある。したがって、小型化や低価格化は難しい。

【0010】一方、後者（MR型）は、図12に示すように、磁気抵抗効果素子（MRセンサ）111を形成したMRセンサチップ110を空心コイル112の中に入れ、これらMRセンサチップ110に対して45°方向の交流バイアス磁界 H_B を印加してなるものである。等価回路を図13に示す。地磁気方位センサとして使用する場合には、図12に示す構造のものを空心コイルの巻回方向が直交するように1組使用する。

【0011】このMR型の地磁気方位センサは、磁気抵抗効果素子を使用しているため、フラックスゲート型の地磁気方位センサに比べて感度が高いが、MRセンサチップ110のみで地磁気を感知しているため、0.3ガウス程度の地磁気の方位を検出するには不十分である。

【0012】また、このMR型の地磁気方位センサでは、MRセンサチップ110に対して45°方向のバイアス磁界 H_B を加えていること、感度向上のためにMRカーブを無理に急峻なものとしていることから、MR特性にヒステリシスを持っており、これを解消するために信号処理回路が複雑なものとなったり、方位精度が±10°と悪い等の不都合を有する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来知られる地磁気方位センサでは、感度の点で不満を残しており、また小型化、低価格化も難しい。

【0014】そこで本発明は、かかる従来の実情に鑑みて提案されたもので、実用的な感度及び高い方位精度を有し、小型化、低価格化が容易であり、しかも極めて容易且つ正確に組み立てが可能である地磁気方位センサを提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の地磁気方位セン

3

サは、地磁気を強磁性体コアで集束することにより大きな磁束密度に変換し、これをコア間のギャップ内に配置した磁気抵抗効果型素子（以下、単にMRセンサと記す。）で検出するものである。

【0016】本発明の対象とする地磁気方位センサは、具体的には、基板上に地磁気を集束する強磁性体コアが所定のギャップをもって周方向に配列されるとともに、前記ギャップにおける磁界方向に対して略々直交するようにMRセンサがギャップ内に配されてなるものである。

【0017】上記地磁気方位センサは、前記強磁性体コアが、薄膜形成技術により成膜されてなる第1の強磁性体コアと、この第1の強磁性体コア上に重ね合わせられ磁路を形成する第2の強磁性体コアとからなり、前記第1の強磁性体コアにギャップが形成されてなることを特徴とするものである。

【0018】このとき、上記第2の強磁性体コアの少なくとも一つに励磁用コイルを巻回し、それにバイアス電流 I_B を流すことによってバイアス磁界 H_B を発生させ、MRセンサを磁界感度が高く且つ直線性（リニアリティ）の良いところで使用する。なお、バイアス磁界 H_B （電流 I_B ）は、交流であってもよいし、直流であってもよい。

【0019】上記MRセンサを交流バイアスで使用した場合、方位信号（低周波数）を交流信号（高周波数）に重畳した電気信号として取り出すことができるため、MRセンサにより発生するオフセット及び温度ドリフト等のノイズ成分をハイパスフィルタ（HPF）等による回路処理で取り除くことができ、高方位精度を得ることができる。

【0020】本発明においては、上記MRセンサは、互いに直交するX軸方向とY軸方向での出力を得るため、最低でも2箇所に互いに直交するように配置する。好ましくは、等角度間隔（90°間隔）で4つのMRセンサを配置する。

【0021】一方、第1の強磁性体コアは、前記MRセンサの配置に応じて等角度間隔（例えば90°間隔）でギャップを有し、且つ閉磁路を構成するように、周方向に配列する。このとき、第2の強磁性体コアの配列状態は、90°回転させても対称となる構造とすることが好ましく、具体的には、正方形状、或は円環状に配列する。

【0022】上記第1の強磁性体コアにはパーマロイ等、上記第2の強磁性体コアにはパーマロイ、珪素鋼板、各種ソフトフェライト等の、高透磁率、高飽和磁束密度を有する軟磁性材（いわゆるソフト材）を用い、バイアス磁界の印加と地磁気の集束に利用する。

【0023】

【作用】本発明の地磁気方位センサにおいて、第1及び第2の強磁性体コアは、バイアス磁界の磁路を構成する

4

とともに、地磁気を集束するいわゆる集束ホーンとして機能する。その結果、互いに直交するMRセンサに加わる地磁気の総量は、それぞれ地磁気とMRセンサのなす角度に応じて決まり、各MRセンサから第1及び第2の強磁性体コアにより構成される閉磁路の中心を通る地磁気線に直角に引いた線に比例する。

【0024】さらに、上記地磁気方位センサにおいては、強磁性体コアが、薄膜形成技術により成膜されてなる第1の強磁性体コアと、この第1の強磁性体コア上に重ね合わせられ磁路を形成する第2の強磁性体コアとからなり、前記第1の強磁性体コアにギャップが形成された構造とされている。ここで、第2の強磁性体コアは、第1の強磁性体コアの補助的な役割を果たし、第1の強磁性体コアと比較して遥かに厚い膜厚を有するために地磁気の集束効果が大幅に増大するようになる。

【0025】しかもこのとき、上記MRセンサの位置精度は、第1の強磁性体コアとの位置（ギャップ内における位置）により決定される。上記MRセンサ及び第1の強磁性体コアは薄膜形成技術により成膜されるため、±1μm以下の高精度でMRセンサと第1の強磁性体コアとの間の位置決めを行うことが可能である。したがって、作製時において、上記薄膜チップに対して第2の強磁性体コアが多少の位置ずれを起こしたとしても、上記MRセンサに印加される磁界は悪影響を受けることがない。

【0026】したがって、地磁気が効率的にMRセンサへ磁気信号として供給されるとともに、高い組立精度が要求されることなく高方位精度が得られる。

【0027】

【実施例】以下、本発明を適用した具体的な実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0028】図1は、本発明を適用した地磁気方位センサの基本構造の一例を示すものである。本実施例の地磁気方位センサは、第1の強磁性体コアとMRセンサとが薄膜形成技術により成膜されてなる薄膜チップ2と、第1の強磁性体コア上に重ね合わせられ、上記第1の強磁性体コアとともに磁路を形成する第2の強磁性体コアとから構成されている。

【0029】上記薄膜チップ2においては、図2に示すように、ほぼ正方形の基板1上の対角線上における4箇所にパーマロイ等を材料として薄膜形成技術（スパッタ法、蒸着法等）により第1の強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 が膜厚10μm程に成膜されている。

【0030】これら第1の強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 は、一対の帯状の薄膜コア T_{1A} 、 T_{1B} 、 T_{2A} 、 T_{2B} 、 T_{3A} 、 T_{3B} 、 T_{4A} 、 T_{4B} より構成され、上記基板上に90°間隔で設けられている。

【0031】ここで、第1の強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 においては、各薄膜コア T_{1A} 、 T_{1B} 、 T_{2A} 、 T_{2B} 、 T_{3A} 、 T_{3B} 、 T_{4A} 、 T_{4B} により所定幅のギャップ

5

(隙間) G_1, G_2, G_3, G_4 が形成されており、これらギャップ G_1, G_2, G_3, G_4 内にそれぞれMRセンサ M_1, M_2, M_3, M_4 が第1の強磁性体コア T_1, T_2, T_3, T_4 と同様に薄膜形成技術により膜厚 $0.05 \mu m$ 程に成膜されている。

【0032】さらに、図4(図1中、一点鎖線Lによる断面図)に示すように、これらMRセンサ M_1, M_2, M_3, M_4 上に SiO_2 等よりなる保護膜11が膜厚 $3 \mu m$ 程に成膜されてギャップ G_1, G_2, G_3, G_4 内にMRセンサ M_1, M_2, M_3, M_4 が埋め込まれたかたちとされて薄膜チップ2が構成されている。

【0033】上記第2の強磁性体コア K_1, K_2, K_3, K_4 は、図3に示すように、パーマロイや、珪素鋼板、或は各種ソフトフェライト等からなる翼形状に形成されたものである。そして、これら4つの第2の強磁性体コア K_1, K_2, K_3, K_4 は、各々 90° 間隔で上記ギャップ G_1, G_2, G_3, G_4 より幅の広い所定の間隔 S_1, S_2, S_3, S_4 を形成するように正方形に組み合される。

【0034】上記第2の強磁性体コア K_1, K_2, K_3, K_4 の中心位置にはそれぞれ巻線部12が形成されており、各巻線部12には各MRセンサ M_1, M_2, M_3, M_4 にバイアス磁界 H_B を供給するための励磁用コイル C_1, C_2, C_3, C_4 が巻回されている。

【0035】そして、上記の如く構成された薄膜チップ2上に、上記第2の強磁性体コア K_1, K_2, K_3, K_4 が貼り合わされて上記地磁気方位センサが構成されている。ここで、各第2の強磁性体コア K_1, K_2, K_3, K_4 は、それぞれ薄膜コア $T_{1B}, T_{2A}, T_{2B}, T_{3A}, T_{3B}, T_{4A}, T_{4B}, T_{1A}$ 上に重ね合わせられ、上記間隔 S_1, S_2, S_3, S_4 をもって薄膜チップ2上に位置している。

【0036】上記MRセンサ M_1, M_2, M_3, M_4 は、例えばX軸方向検出用の2つのMRセンサ M_1, M_3 と、これと直交するY軸方向検出用の2つのMRセンサ M_2, M_4 に分類されており、上記基板1上には、定電位電源 V_{cc} が印加する電極15と、X軸方向及びY軸方向の電極13a, b及び電極14a, bとが形成されている。

【0037】上述の構成を有する地磁気方位センサの等価回路は、図5に示す通りである。すなわち、X軸方向検出用の2つのMRセンサ M_1, M_3 からの信号は、電極13a, bを通り差動アンプ A_1 よりX出力として出力され、同様に、Y軸方向検出用の2つのMRセンサ M_2, M_4 からの信号は、電極14a, bを通り差動アンプ A_2 よりY出力として出力される。

【0038】地磁気検出用のMRセンサ M_1, M_2, M_3, M_4 においては、電極15に定電位電源 V_{cc} が接続され、電極13a, b及び電極14a, bにセンス電流 I_s を供給する。

6

【0039】また、X軸方向検出用のMRセンサ M_1 とMRセンサ M_3 には、 180° 方位の異なるバイアス磁界 (H_B 及び $-H_B$) が印加され、同様にY軸方向検出用のMRセンサ M_2 とMRセンサ M_4 にも 180° 方位の異なるバイアス磁界 (H_B 及び $-H_B$) が印加される。

【0040】上記構成の地磁気方位センサにおいて、MRセンサ M_1, M_2, M_3, M_4 は、次のような特徴を持っている。

【0041】(1) 磁界の強度により抵抗値が変化する。(磁気抵抗効果)

(2) 弱い磁界を感知する能力に優れている。

【0042】(3) 抵抗値変化を電気信号として取り出すことができる。

【0043】本発明の地磁気方位センサにおいては、この特徴を利用して地磁気による磁気信号を電気信号に変換する。

【0044】図6は、MRセンサのMR特性曲線を示すものである。この図6において、横軸はMRセンサに垂直に加わる磁界の強さ、縦軸はMRセンサの抵抗値の変化、あるいは出力電圧変化(MRセンサに直流電流を流した場合)である。

【0045】MRセンサの抵抗値は、磁界零で最大となり、大きな磁界(MRセンサのパターン形状等にもよるが $100 \sim 200$ ガウス程度)を印加したときに約3%小さくなる。

【0046】MRセンサ出力の S/N (出力電圧振幅) 及び歪率向上のためには、図6に示すように、バイアス磁界 H_B が必要となる。このバイアス磁界 H_B は、先にも述べたように、第2の強磁性体コア K_1, K_2, K_3, K_4 に励磁用コイル C_1, C_2, C_3, C_4 を巻回し、これにバイアス電流 I_B を流すことによって与えられる。

【0047】このとき、X軸方向検出用のMRセンサ M_1 に印加されるバイアス磁界の方向とMRセンサ M_3 に印加されるバイアス磁界の方向は、互いに 180° 反転している。同様に、Y軸方向検出用のMRセンサ M_2 に印加されるバイアス磁界の方向とMRセンサ M_4 に印加されるバイアス磁界の方向も、互いに 180° 反転している。

【0048】ここで、地磁気信号 H_E が入ってくると、例えばX軸方向検出用のMRセンサ M_1 及び M_3 に加わる磁界の強さは以下になる。

【0049】MRセンサ M_1 : $H_B + H_E$

MRセンサ M_3 : $-H_B + H_E$

交流バイアス磁界印加とすると、MRセンサ M_1 に印加される磁界は図5中線Aで示すように変化し、この磁界の変化が図6中線Bで示すように電圧変化として出力される。一方、MRセンサ M_3 に印加される磁界は図6中線Cで示すように変化し、この磁界の変化が図6中線Dで示すように電圧変化として出力される。

7

【0050】このMRセンサM₁からの出力(線B)とMRセンサM₃からの出力(線D)の出力差Lが、差動信号(X出力)として取り出される。Y軸方向検出用のMRセンサM₂、M₄についても同様であり、差動信号(Y出力)が取り出される。

【0051】これら差動信号は地磁気H_Eの方位により変化し、それぞれH_E sin θ、H_E cos θに比例する。したがって、横軸に方位θをとって出力電位をプロットすると、X出力及びY出力は図7に示すようなものとなる。

【0052】したがって、これらX出力及びY出力から、地磁気に対する方位θを算出することができる。

【0053】すなわち、X出力とY出力の比X/Yは、これら出力がH_E sin θ、H_E cos θに比例することから、sin θ/cos θで表わすことができる。

【0054】 $X/Y = \sin \theta / \cos \theta = \tan \theta$
したがって、
 $\theta = \tan^{-1}(X/Y)$

(ただし、 $0 \leq \theta \leq 180^\circ$ のとき $X \geq 0$ 、 $180^\circ < \theta < 360^\circ$ のとき $X < 0$ である。)

以上によって地磁気H_Eの方位θを知ることができるが、次に強磁性体コアK₁、K₂、K₃、K₄による地磁気集束原理について説明する。

【0055】先ず、図8に、フェライト、パーマロイ等からなる強磁性体コアKが地磁気にどのような影響を与えるのかを模式的に図示した。

【0056】強磁性体は空气中に比べて磁気抵抗が小さいため、地磁気が吸い寄せられるように曲げられ、強磁性体コアK中を通して再び外へ出る。

【0057】したがって、上記強磁性体コアKは、地磁気を集束し、大きな磁束密度に変換する。(実際は、地磁気は強磁性体コアKを磁化し、ギャップに大きな磁界を発生する。)

図9は、円形の強磁性体コアKを用いた場合に地磁気がどのように各MRセンサM₁、M₂、M₃、M₄に伝わるのかを示したものであり、各MRセンサM₁、M₂、M₃、M₄に磁気信号として印加される地磁気の総量は、各MRセンサM₁、M₂、M₃、M₄から強磁性体コアKの中心を通る地磁気線H_{E0}に垂直に引いた線の長さに相当する。

【0058】X軸方向検出用MRセンサM₁、M₃に印加される地磁気の総量： $r \sin \theta$

Y軸方向検出用MRセンサM₂、M₄に印加される地磁気の総量： $r \cos \theta$

したがって、これら地磁気の総量に基づいて出力される地磁気方位センサ出力(X出力、Y出力)より、先の計算式に従って地磁気H_Eの方位θが算出される。

【0059】図10に示すように強磁性体コアKが正方形の場合も同様であり、強磁性体コアKの中心点を回転中心として90°回転させたときに対称となる形状であ

8

れば、いずれの場合にも同様の出力を得ることができ

る。
【0060】前述のように、励磁用コイルC₁、C₂、C₃、C₄のコアとして機能する第1の強磁性体コアT₁、T₂、T₃、T₄及び第2の強磁性体コアK₁、K₂、K₃、K₄を軟磁性体とし、地磁気の集束ホーンとして使用すると、空心コイルやマグネットを使用したときに比べて出力が大きくなり、感度が向上する。

【0061】さらに、上記地磁気方位センサにおいて
10 は、第2の強磁性体コアK₁、K₂、K₃、K₄が、第1の強磁性体コアT₁、T₂、T₃、T₄の補助的な役割を果たし、第1の強磁性体コアT₁、T₂、T₃、T₄と比較して遥かに厚い膜厚を有するために地磁気の集束効果が大幅に増大するようになる。

【0062】しかもこのとき、上記MRセンサM₁、M₂、M₃、M₄の位置精度は、第1の強磁性体コアT₁、T₂、T₃、T₄との位置(ギャップG₁、G₂、G₃、G₄内における位置)により決定される。上記MRセンサM₁、M₂、M₃、M₄及び第1の強磁性体コアT₁、T₂、T₃、T₄は薄膜形成技術により成膜されるため、±1 μm以下の高精度でMRセンサM₁、M₂、M₃、M₄と第1の強磁性体コアT₁、T₂、T₃、T₄との間の位置決めを行うことが可能である。したがって、作製時において、上記薄膜チップ2の第1の強磁性体コアT₁、T₂、T₃、T₄に対して第2の強磁性体コアK₁、K₂、K₃、K₄が多少の位置ずれを起こしたとしても、上記MRセンサM₁、M₂、M₃、M₄に印加される磁界は悪影響を受けないことがない。

30 【0063】したがって、地磁気が効率的にMRセンサM₁、M₂、M₃、M₄へ磁気信号として供給されるとともに、高い組立精度が要求されことなく高方位精度が得られる。

【0064】また上記の如く、薄膜形成技術によれば、MRセンサM₁、M₂、M₃、M₄の位置決めを高精度に行うことが可能であるので、ギャップG₁、G₂、G₃、G₄のギャップ幅を低減させて更に地磁気集束効果を向上させることもできる。それに伴い、励磁用コイルC₁、C₂、C₃、C₄に供給するバイアス電流I_Bを
40 小さくすることや当該励磁用コイルC₁、C₂、C₃、C₄の巻数を低減させることが可能となる。

【0065】以上、本発明を適用した実施例について説明してきたが、本発明がこれら実施例に限定されるわけではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で形状、材質、寸法等、任意に変更することが可能である。

【0066】

【発明の効果】以上の説明からも明かなように、本発明に係る地磁気方位センサは、実用的な感度及び高い方位精度を有し、組み立てが容易であってしかも小型化、低価格化の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例に係る地磁気方位センサの主要部を模式的に示す平面図である。

【図2】上記地磁気方位センサの薄膜チップを模式的に示す平面図である。

【図3】上記地磁気方位センサのバルクコアチップを模式的に示す平面図である。

【図4】上記地磁気方位センサのギャップ近傍を模式的に示す断面図である。

【図5】図1に示す地磁気方位センサの等価回路図であ

る。

【図6】MRセンサのMR特性曲線を示す特性図である。

【図7】出力電圧と方位との関係を示す特性図である。

【図8】強磁性体コアによる地磁気の集束状態を示す模式図である。

【図9】円形コアを用いた場合に各MRセンサのに印加される地磁気の総量を示す模式図である。

【図10】正方形コアを用いた場合に各MRセンサのに印加される地磁気の総量を示す模式図である。

【図11】従来のフラックスゲート型の地磁気方位センサの一例を模式的に示す概略平面図である。

【図12】従来のMR型の地磁気方位センサの一例を模式的に示す概略平面図である。

【図13】図12に示す地磁気方位センサの等価回路図である。

【符号の説明】

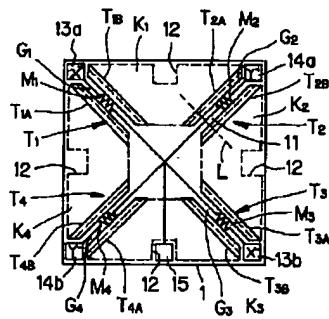
- 1 基板
- 2 薄膜チップ
- 3 バルクコアチップ
- 11 保護膜
- 12 巻線部
- 13a, 13b, 14a, 14b, 15 電極
- M₁, M₂, M₃, M₄ MRセンサ
- T₁, T₂, T₃, T₄ 第1の強磁性体コア
- K₁, K₂, K₃, K₄ 第2の強磁性体コア
- g₁, g₂, g₃, g₄ 第1のギャップ
- G₁, G₂, G₃, G₄ 第2のギャップ
- C₁, C₂ 励磁用コイル

【図1】

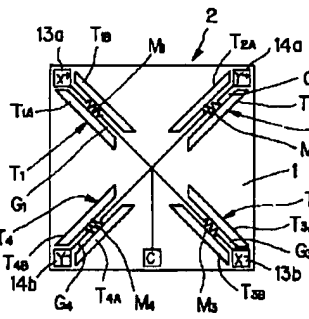
【図2】

【図3】

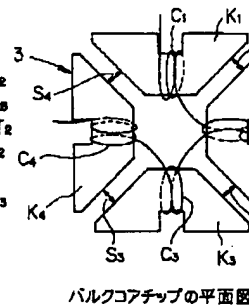
【図11】



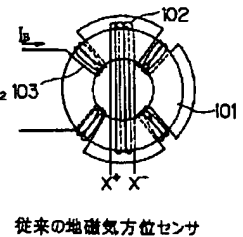
地磁気方位センサの平面図



薄膜チップの平面図



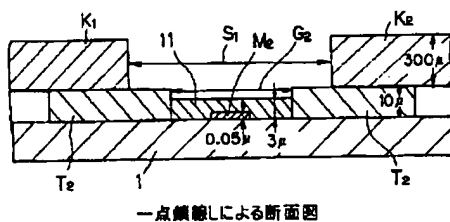
バルクコアチップの平面図



従来の地磁気方位センサ

【図4】

【図5】



一点鎖線による断面図

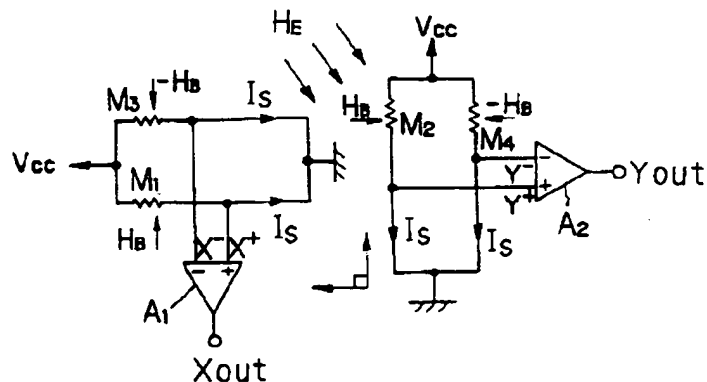
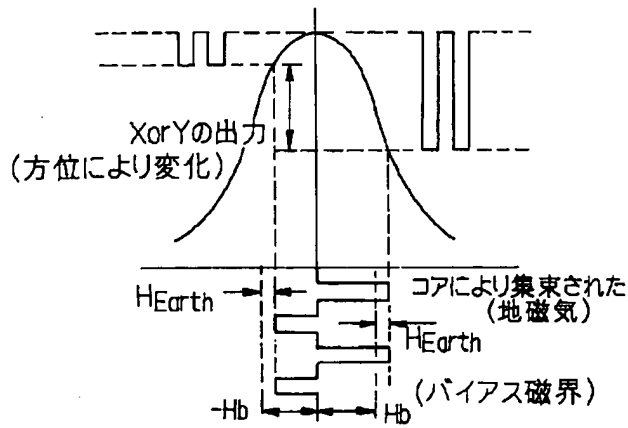


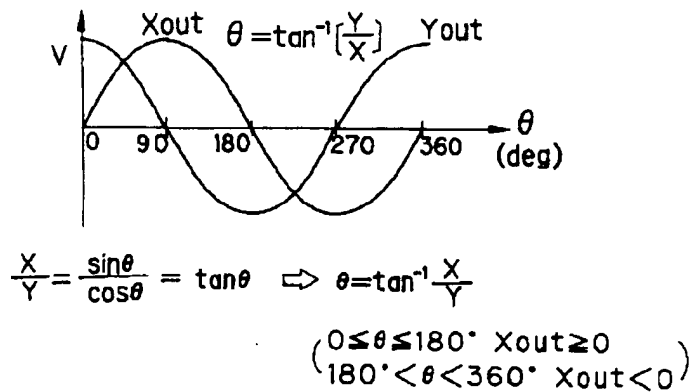
図1の地磁気方位センサの等価回路

【図6】



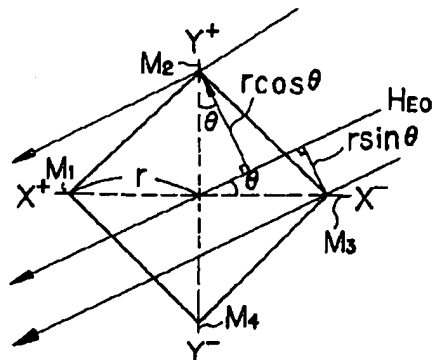
MR特性図

【図7】



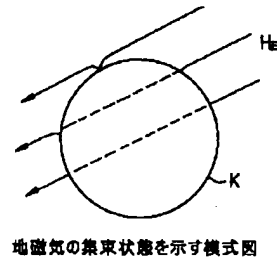
方位-出力電圧の特性図

【図10】



正方形コアのMRセンサに印加される地磁気の総量を示す模式図

【図8】



【図13】

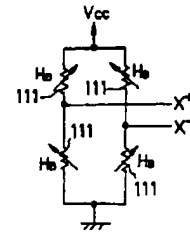
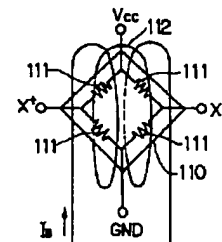


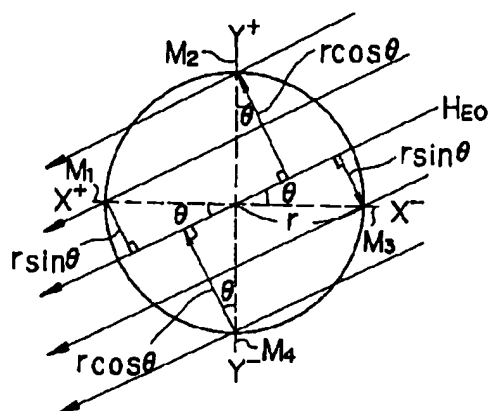
図12の地磁気方位センサの等価回路図

【図12】



従来の他の地磁気方位センサ

【図9】



円形コアのMRセンサに印加される地磁気の総量を示す模式図